

Szakmai beszámoló

A réz-alumínium fém pár korróziós sajátosságai c. OTKA pályázatról

A két (vagy több)-fémek korrózió, noha elvileg jól ismert és jól körülírt jelenség, a gyakorlatban a rendszerek összetettsége miatt számos esetben okoz meglepetést. Az általános alapelv - amely szerint, ha meg akarjuk előzni a problémát a jelentősen eltérő tulajdonságú fémek összeépítése kerülendő - jó kiindulási pont. Ugyanakkor a gyakorlatban előfordulnak olyan megoldások, például az alumínium és réz esetében, mikor két, termodinamikai stabilitását tekintve igen eltérő fémek tartalmazó rendszer hosszú időn át működik, különösebb korróziós károsodás nélkül.

Érdemes megemlíteni azt is, hogy az eltérő stabilitású fémek összeépítésének fontos szerepe van az úgynevezett galvánanódos katódos korrózióvédelem esetében, ahol a szerkezeti fémek egy kevésbé nemes fémekkel kívánjuk megvédeni. Ilyenkor természetesen az a cél, hogy a kevésbé nemes fém korróziója megfelelő sebességgel végbemenjen, megelőzve a védendő fém károsodását.

Pályázatunkban azért választottuk a réz-alumínium fém párost, mert az elmúlt évtizedekben a hazai építőiparban kifejezetten gyakori volt az alumínium-radiátorokból és rézcsövekből szerelt fűtési rendszer. Ezek, a kockázatosnak tűnő párosítás ellenére legtöbbször kielégítően működtek, néha azonban bekövetkezett az alumínium fűtőtestek gyors lyukadása. Az alumínium és a réz olyannyira eltérnek termodinamikai stabilitásukat tekintve, hogy elméleti szempontból is klasszikus példái lehetnek az "összeférhetetlen" fémeknek, egy olyan rendszer, amely ezt a két fémek tartalmazza, magában hordoz minden, a kétfémes korróziókkal kapcsolatos problémát és jelenséget.

A vizsgálatainkat tiszta (99,999 %) alumínium és réz mintákkal, analitikai tisztaságú vegyszerekkel végeztük. Korróziós közegként a legtöbb vizsgálathoz háromféle tesztoldatot használtunk:

- a) $0,1 \text{ mol dm}^{-3} \text{ Na}_2\text{SO}_4$
- b) $0,1 \text{ mol dm}^{-3} \text{ Na}_2\text{SO}_4 + 0,01 \text{ mol dm}^{-3} \text{ NaCl}$
- c) $0,1 \text{ mol dm}^{-3} \text{ Na}_2\text{SO}_4 + 0,1 \text{ mol dm}^{-3} \text{ NaCl}$

Az oxigén lehetséges szerepének tisztázása céljából a kísérleteket levegőn és oxigénmentes körülmények között is elvégeztük. (99,9995 % tisztaságú argon gázt használtunk levegőmentesítésre.)

Egyaránt vizsgáltunk elektromos kapcsolatban lévő alumíniumot és rezet, valamint fém alumíniumot és réz-ionokat tartalmazó rendszereket.

Eredményeink

1) Megállapítottuk, hogy réz-ionok jelenlétében az alumínium felületére cementáció útján réz válik ki, és így rövid idő alatt galvanikus kapcsolatban lévő Cu-Al kétfémes rendszer alakul ki, ha alumínium merül réz-ionokat tartalmazó közegbe. A leváló rézatomok nem képeznek tömör bevonatot, noha esetenként a rézleválás szabad szemmel is észlelhető. Olyan berendezésekben, amelyek eredetileg egymástól elektromosan elszigetelt alumínium és réz szerkezeti anyagokat tartalmaztak hasonló helyzet alakulhat ki. Első lépésként a réz korróziója következtében réz-ionok keletkezhetnek, majd ezek az ionok leválnak az alumínium felületére.

2) A két fém polarizációs görbéiből megállapítható volt, hogy a klorid-ion tartalmú, levegővel telített elektrolitokban azonos felületű Al-t és Cu-t összekapcsolva a közös korróziós potenciál olyan tartományba esik, ahol az alumíniumon beindulhat a lyukkorrózió. Ez, a fémek összekapcsolása után valóban bekövetkezett, $0,1 \text{ mol dm}^{-3}$ klorid-tartalmú oldatban azonnal, $0,01 \text{ mol dm}^{-3}$ koncentráció esetében 5-10 perc elteltével. Klorid-mentes elektrolitban, réz hatására nem tapasztaltunk lyukkorróziót. Ilyen közegben a réz nem jelent komolyabb veszélyforrást.

3) Kiderült, hogy oxigénmentes körülmények között jelentősen módosulhatnak a korróziós jellemzők. (Zárt fűtőrendszerekben pl. hasonló viszonyok alakulhatnak ki, hisz a kezdetben jelenlévő oldott oxigén a korrózió során elfogy.) Ilyenkor, lévén a hidrogénleválás az egyetlen lehetséges katódos folyamat, a korróziós potenciálok negatív irányba tolódnak. Az alumíniumé jelentősen - 4-500 mV-al -, ami mutatja, hogy levegővel telített oldatban az oxigén redukciója a korrózió sebességét meghatározó folyamat. Oxigénmentes oldatban a két fém összekapcsolása során kialakuló közös potenciál így bizonyos esetekben, klorid-ionokat tartalmazó közegben is negatívabb lehet az alumínium pitting potenciáljánál (a pitting korrózió jelentkezésének potenciáljánál), ami nyilvánvalóan előnyös, ha a korróziós károkat kívánjuk csökkenteni. Az oxigénmentesítés pozitív hatása azonban csak bizonyos klorid-koncentrációig képes hatni, $0,1 \text{ mol dm}^{-3}$ kloridot tartalmazó elektrolitban oxigénmentes körülmények között is azonnal fellép a lyukkorrózió, ha azonos geometriai felületű rezet és alumíniumot összekapcsolunk.

4) Az alumínium felületén képződő oxidrétegek hatásának vizsgálatakor kiderült, hogy az anódos polarizációval kialakított passzíváló rétegekhez hasonlóan, egyszerű forró vizes előkezelés (forrásban lévő vízben tartás) is alkalmas lehet a kloridos közegben réz jelenlétében azonnal beinduló pitting korrózió megakadályozására. (Ezekkel a vizsgálatokkal a fűtőrendszerekben található viszonyokat kívántuk modellezni.) 60 percnyi forróvizes előkezelés követően az általunk vizsgált legagresszívebb közegben, a $0,1 \text{ mol dm}^{-3} \text{ Cl}^-$ -iont tartalmazó oldatban is legalább 1,5-2 órán át nem kezdődött pitting korrózió az azonos nagyságú rézzel összekapcsolt alumínium felületén. Az eredmények alapján elképzelhető, hogy bizonyos klorid-koncentráció mellett védő oxidréteg folyamatosan keletkezhet, illetve regenerálódhat melegvizes rendszerekben.

Összefoglalva, megállapíthatjuk, hogy a réz jelenlétének legfontosabb korróziós hatása az alumíniumra, hogy elősegítheti és felgyorsíthatja a lyukkorróziót. Ezért ezt a két fémét összeépíteni mindenképp kockázatot jelent. A kockázat nagyságának becslése azonban nem egyszerű, mert ez a korróziós hatás a vizsgált körülmények között (és a gyakorlatban is legalább) 4 paramétertől függ:

I. Az alumínium- és a rézfelület aránya. Miután a lehetséges katódos reakciók (a hidrogénleválás és az oxigén-redukció) katalitikus folyamatok, nem a geometriai felületek, hanem az aktív felületek nagysága számít. A fémkorrózió során ezek folyamatosan változhatnak, és különösen az alumínium felületekre leváló réz esetében nehezen meghatározhatók, ez bizonytalanná teszi a réz korróziós hatásának előjelzését.

II. Klorid-ionok (vagy más pitting korróziót okozó reagensek) jelenléte, illetve koncentrációja.

III. Oldott oxigén jelenléte, illetve koncentrációja a korróziós közegben.

IV. Az alumínium felületén lévő védő oxidréteg állapota, minősége, vastagsága, folyamatos képződésének esetleges lehetősége.

Miután a fenti négy faktor egyszerre, egymással összefüggésben hat, nagyon nehéz a pontos feltételeket meghatározni, amelyek mellett nem kell tartani az réz, vagy réz ionok jelenlététől alumínium szerkezeti anyagokat alkalmazva. Az azonban az eredmények alapján egyértelműen eldönthető, hogy az egyes paraméterek bizonyos irányú megváltoztatása növeli vagy csökkenti a kockázatot.

A réz-alumínium fémpáros korróziójának vizsgálatával párhuzamosan foglalkoztunk általában is a kétfémes korrózió reakciókinetikai értelmezésével, a fémkorrózió katódos folyamatainak katalitikus vonatkozásaival, katódos korrózióvédelemmel, és galvánanódos katódos védelemmel is.